

RECOMENDACIÓN UIT-R BT.1735

Métodos de evaluación objetiva de la calidad de la cobertura de las señales de radiodifusión de televisión digital terrenal del Sistema B especificado en la Recomendación UIT-R BT.1306

(Cuestión UIT-R 100/6)

(2005)

Cometido

El objetivo de la presente Recomendación es proporcionar métodos para evaluar la calidad de la cobertura y la zona de servicio de la radiodifusión de televisión digital cuando se utiliza el Sistema B. En esta Recomendación se tienen en cuenta las Recomendaciones del UIT-R pertinentes. Se exponen dos métodos para realizar dicha evaluación.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que la Recomendación UIT-R SM.1682 – Métodos para efectuar mediciones en señales de radiodifusión digital, especifica en su § 2.6 los parámetros que han de medirse para evaluar la cobertura;
- b) que en la Recomendación UIT-R BT.1368 se definen parámetros de planificación tales como la mínima intensidad de campo, la relación de protección y la relación entre la mínima intensidad de campo y tensión a la entrada del receptor, ampliamente utilizados por las administraciones;
- c) que en la Recomendación UIT-R P.1546 se indican los métodos de predicción de intensidad de campo y altura de los obstáculos ecosparásitos para la evaluación *in situ*, se utilizan ampliamente las administraciones;
- d) que se necesitan metodologías de campo para que las administraciones y Miembros de Sector puedan evaluar la calidad de la cobertura de la radiodifusión de televisión digital terrenal (RTDT (en inglés, DTTB)),

considerando además

- a) que se necesitan metodologías simplificadas para que los instaladores de equipos electrónicos de consumo puedan evaluar la calidad objetiva de una señal digital en el receptor del usuario final,

recomienda

- 1 que se utilice el modelo para describir la calidad objetiva de la cobertura de acuerdo con una escala de cinco notas, ya definida la Recomendación UIT-R BT.500, de conformidad con el § 3 del Anexo 1;
- 2 que se utilice la escala de calidad que se presenta en el Cuadro 1 del § 3 del Anexo 1;
- 3 que se utilicen los métodos de medición descritos en los § 5, 6 y 7 del Anexo 1,

recomienda además

- 1 que se utilice el modelo simplificado del Anexo 2 para evaluar la calidad objetiva de la señal digital en el receptor del usuario final;
- 2 que se utilice la escala de calidad simplificada que se presenta en el Cuadro 3 del § 2 del Anexo 2.

Anexo 1

Método normalizado para la evaluación objetiva de la calidad de la cobertura de las señales de radiodifusión de televisión digital del Sistema B

1 Evaluación objetiva de la calidad de la cobertura

La cobertura de una zona específica, determinada utilizando un método de predicción, debe verificarse mediante mediciones *in situ* para evaluar los resultados de la predicción. En términos de calidad, gracias a un método de predicción es posible identificar la zona de cobertura utilizando la «probabilidad de ubicación». Del mismo modo, puede evaluarse el concepto de «calidad percibida», relativa al usuario final, utilizando métodos de medición. El sistema de recepción de televisión digital terrenal se basa en un «umbral» y la calidad percibida depende de tres factores: el acceso al servicio, la disponibilidad de tiempo y la disponibilidad de ubicación.

2 Parámetros que se han de evaluar

Como se indica en el § 2.6 de la actual versión de la Recomendación UIT-R SM.1682, los parámetros que han de evaluarse son la intensidad de campo y la proporción de bits erróneos (BER) después de cada etapa de decodificación (se sugiere, en este caso, obtener la BER antes de la decodificación de Viterbi (CBER)). Se utiliza la correspondiente BER después de la decodificación de Viterbi (VBER) para determinar el umbral de condición casi sin errores (QEF, *quasi error free*). El otro parámetro que ha de tenerse en cuenta durante la medición es la tasa de errores de modulación (MER, *modulation error ratio*) en el emplazamiento de transmisión. La MER representa una forma sintética de análisis de constelación. Si el valor de MER en el emplazamiento de transmisión es inferior al valor establecido, por ejemplo, 32 dB¹, deben interrumpirse las mediciones para evitar un posible fallo de transmisión.

3 Escala de calidad objetiva del Sistema B

Es bien sabido que la intensidad de campo medida en los emplazamientos de recepción varía según la ubicación y la altura de la antena receptora. Esta variabilidad, para un valor fijo de la densidad de flujo de potencia (d_{fp}), depende de la combinación de amplitud y fase de los diversos trayectos que llegan a la antena receptora. La variabilidad es más acentuada para las señales de onda continua (CW) que para las señales de banda ancha. Los trayectos de reflexión pueden afectar positiva o

¹ El mínimo valor aceptable de MER está en estudio y puede mejorar.

negativamente. Los efectos negativos están relacionados con la interferencia entre símbolos que aparece cuando el retardo de uno o más trayectos es superior al intervalo de guarda. Los efectos positivos aparecen cuando el retardo del trayecto es inferior al intervalo de guarda. La presencia de diversos trayectos dentro del intervalo de guarda puede dar lugar a contribuciones aditivas o sustractivas dependiendo de la aplicación de decodificación por decisión programable de Viterbi, la existencia de ventanas de búsqueda fijas o en movimiento y la fase de los trayectos. La no linealidad intrínseca ligada a la decodificación por decisión programable de Viterbi, los niveles de protección y la dispersión temporal y espacial dan como resultado una baja correlación entre la intensidad de campo y la BER. Está en estudio la existencia de una ley de correlación.

El sistema de evaluación de la calidad de una señal analógica se basa tanto en la intensidad de campo como en una escala de evaluación subjetiva de cinco notas de calidad (Q). La nota Q5 corresponde a «excelente» y la nota Q1 corresponde a «muy deficiente». El umbral de aceptación se fija en la nota Q3. En un entorno digital, la situación es muy distinta, ya que es importante tener en cuenta la diferencia entre los métodos de evaluación de la calidad de la compresión y la evaluación de la calidad de la cobertura de radiodifusión. Para evaluar el método de compresión, como el MPEG, se mantiene la escala de evaluación de cinco notas. Para la evaluación objetiva de la calidad de cobertura de radiodifusión parece más difícil poder utilizar un método basado en una escala de cinco notas, dada la rápida transición de una condición de servicio a una condición de no servicio. No obstante, es posible seguir utilizando la escala de cinco notas, si a cada una de ellas se le atribuye la distancia que los separa del punto de transición. La evaluación de la distancia desde el punto de transición es muy importante, pues el equipo de medición suele ubicarse antes del sistema de recepción del usuario final, generalmente compuesto por una antena, un sistema de distribución o un adaptador multimedios. *No debe confundirse* la interpretación de la evaluación objetiva de la calidad de la cobertura digital con la interpretación de la evaluación de la calidad analógica.

En el caso de la recepción fija, debe utilizarse la escala de cinco notas que se presenta en el Cuadro 1.

CUADRO 1

Escala de calidad de la cobertura de la RTDT

BER Intensidad de campo	VBER $> 2 \times 10^{-4}$	Relación VBER $\leq 2 \times 10^{-4}$ y relación CBER ≤ 10	Relación VBER $\leq 2 \times 10^{-4}$ y relación CBER entre 10 y 100	Relación VBER $\leq 2 \times 10^{-4}$ y relación CBER > 100
$E < E70$	Q1	Q2	Q2	Q2
$E70 \leq E < E95$	Q2	Q3	Q3	Q4
$\geq E95$	Q2	Q3	Q4	Q5

CBER: BER del canal o BER antes de la decodificación de Viterbi

VBER: BER tras la decodificación Viterbi

Relación CBER = $CBER_{min}/CBER$

donde:

E_{70} o E_{95}^2 representan el mínimo valor mediano de la intensidad de campo necesaria para una probabilidad de ubicación del 70% o del 95% (Manual sobre la RTDT, Capítulo 5, (edición de 2002) y Recomendación UIT-R BT.1368). Los valores de E_{70} o E_{95} dependen de la configuración adoptada.

$CBER_{min}$ es el valor presentado cuando la VBER es igual a 2×10^{-4} (condición QEF) y depende del índice de codificación adoptado. En el Cuadro 2 se muestran los valores de $CBER_{min}$ de la mayor parte de las configuraciones utilizadas. Hay que señalar que estos valores no varían con la frecuencia o el esquema de modulación. Es necesario proseguir los estudios para determinar los valores para otros índices de codificación.

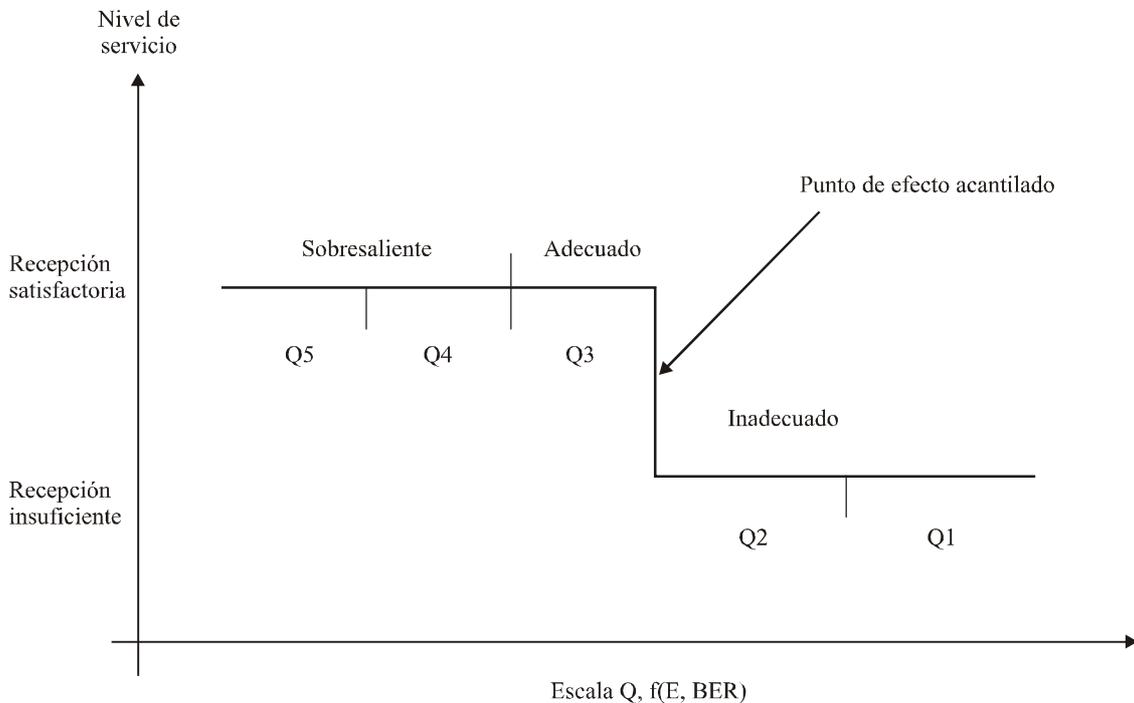
CUADRO 2

Valores de $CBER_{min}$ para los distintos índices de codificación

Índice de codificación	$CBER_{min}$
2/3	4×10^{-2}
3/4	2×10^{-2}

4 Interpretación de la escala del Cuadro 1

FIGURA 1



1735-01

² E_{70} o E_{95} también pueden representar los valores de planificación que elijan las administraciones.

La escala de calidad representa la distancia desde el punto de transición, también denominado punto de «efecto acantilado». Cada valor Q es una función de E y BER. El punto Q2 en el plano horizontal indica que la intensidad de campo es inferior al mínimo valor asignado en la planificación. En estos casos, no puede garantizarse la protección contra las interferencias. El punto Q2 en el plano vertical indica que aparece el «efecto acantilado». En el primer caso, es posible pasar a Q3 incrementando la potencia de transmisión o modificando el diagrama de la antena. En el segundo caso, es posible pasar a Q3 reduciendo la interferencia o el nivel de interferencia por trayectos múltiples.

5 Mediciones a altura fija

Cuando se realiza este tipo de medición, la antena receptora está situada en un mástil a una altura de aproximadamente 10 m sobre el nivel del suelo, de manera que la antena esté por encima de cualquier obstáculo u obstrucción. Los resultados de las mediciones pueden reproducirse en cualquier momento con un sistema de recepción fija, que suele encontrarse en las estaciones de comprobación técnica. Las mediciones a altura fija resultan de utilidad únicamente en las evaluaciones formales, generalmente realizadas a una altura de 10 m por encima del nivel del suelo (la altura es la misma que se utiliza en el método de predicción de propagación adoptado para la planificación).

En situaciones reales, la intensidad de campo medida depende de la composición de fase de los diversos trayectos recibidos. Por consiguiente, el resultado final dependerá tanto de la ubicación de la antena receptora como de la variación vertical de la intensidad de campo. Utilizando antenas receptoras de media longitud de onda, pueden darse tres situaciones distintas:

- la diferencia entre los valores máximos de la intensidad de campo es inferior a la mitad de la longitud de onda: la intensidad de campo medida es equivalente al campo de trayecto directo;
- la diferencia entre los valores máximos de variación vertical de la intensidad de campo es superior a la mitad de la longitud de onda: la intensidad de campo medida puede ser inferior o superior al campo de trayecto directo;
- el primer valor máximo es superior a 10 m: la intensidad de campo medida aumenta con la altura.

Puede realizarse la medición a altura fija para caracterizar la zona de servicio únicamente si los resultados obtienen las notas Q4 y Q5, lo que significa que la intensidad de campo es superior a E_{min} y no hay perturbaciones en el canal de transmisión. En estos casos, es posible asociar el valor medido con una «zona de validez». La extensión de la zona de validez debe determinarse de acuerdo con el entorno, la distancia desde el transmisor, la variación vertical de la intensidad de campo y la altura del primer valor máximo de la intensidad de campo máxima. La experiencia en la evaluación de señales analógicas indica que el radio de la zona de validez es de 10 km como máximo.

Si los resultados de calidad objetiva son inferiores a Q4, es necesario evaluar la variación vertical de la intensidad de campo y, por último, la variación horizontal de la intensidad de campo.

Los resultados de calidad objetiva Q5 y Q4 indican que el servicio evaluado ha logrado una cobertura «sobresaliente».

6 Variación vertical de la intensidad de campo

La intensidad de campo y la BER cambian continuamente durante el proceso de emplazamiento de antena hasta 10 m por encima del nivel del suelo. Los valores dependen de las distintas combinaciones de trayectos y de las obstrucciones a baja altura. Si la calidad objetiva evaluada es inferior a Q4 con una antena situada a unos 10 m, es necesario verificar si se ha superado la nota de calidad objetiva Q3 durante el proceso de emplazamiento. Debe encontrarse la posición de la antena más adecuada a la recepción. La nota de calidad objetiva obtenida en este caso se registra como válida y se incluye la variación vertical (VV) en los resultados de la medición. Se ha comprobado que el radio de la zona de validez es de hasta 2 km como máximo.

El resultado Q3 de calidad de objetiva se asemeja al grado de nivel de cobertura adoptado en el sistema de planificación.

7 Variación horizontal de la intensidad de campo

Si al utilizar el método de la variación vertical de la intensidad de campo la evaluación de la calidad objetiva da siempre un resultado inferior a Q3, es necesario verificar si este resultado depende de una mala elección del punto de medición o si tiene relación con la zona que se evalúa.

En estos casos, es necesario seleccionar otros puntos de medición cercanos al primero. Si los resultados que se obtienen en los nuevos puntos siguen dando un resultado de calidad objetiva inferior a Q3, debe registrarse como más significativo el mejor resultado obtenido así como la gama de validez relativa. La gama de validez debe ser más amplia cuanta más distancia haya entre los puntos de medición.

Anexo 2

Método simplificado para la evaluación objetiva de la calidad de una señal digital del Sistema B en el receptor del usuario

1 Antecedentes

El Anexo 1 contiene un método de escala de la calidad objetiva para los servicios de televisión digital, que se basa en la medición sobre el terreno (en servicio) tanto de la intensidad de campo a una altura específica como de la BER (antes de la decodificación de Viterbi, CBER, y después de la decodificación de Viterbi, VBER). Es posible que este método requiera vehículos equipados e instrumentos de medición onerosos.

En las primeras fases de expansión del servicio digital, se prevé que sea muy necesario realizar evaluaciones de la calidad de la señal utilizando una gran variedad de instrumentos de medición de bajo coste, especialmente aquellos que puedan utilizar los instaladores de equipos electrónicos de consumo. Para cubrir esta necesidad, se propone un método de evaluación de la calidad digital simplificado comparable con el que ya se utiliza para la televisión analógica (medición de nivel de la señal junto con la evaluación subjetiva de la calidad de la señal).

Las mediciones indican que una medición combinada que suponga medir tanto la potencia de la señal en el canal sin atenuación como la relación portadora/ruido (C/N) hasta el fallo, proporciona una evaluación de la calidad de la señal comparable, en términos de fiabilidad, con las mediciones obtenidas utilizando un método más complejo. Es decir que, si se obtiene un nivel de señal adecuado y un valor de relación C/N también adecuado, puede asumirse que el espectador podrá recibir las señales digitales. La comparación entre los márgenes medidos de la relación C/N y la BER muestran que se obtuvo un valor de margen similar para cada uno de los parámetros en una ubicación de prueba específica, por lo que se supone que el método de «margen de nivel» más simple bastará para realizar la evaluación.

2 Escala simplificada de calidad de la señal digital

Los datos recopilados mediante una encuesta han permitido elaborar una escala de calidad de la señal propuesta basada en la medición de nivel y del margen de nivel. Esta escala es formalmente igual a la que se propone en el Anexo 1, y se detalla a continuación.

Esta escala de calidad de la señal digital requiere la medición tanto del nivel de señal recibida como del margen de nivel de señal hasta el fallo (margen). Se han combinado tres gamas de nivel de señal y otras tres de margen para obtener una escala de calidad de 5 notas, de las cuales la 1 y la 2 representan una calidad inaceptable, la nota 3 es una calidad aceptable y las notas 4 y 5 representan una buena calidad.

La escala de calidad es la siguiente:

CUADRO 3
Escala de calidad de la señal

Tensión de entrada del receptor en el receptor (dB(μ V))	Margen sobre el punto de fallo M (dB)		
	$M \leq 5$	$5 < M < 10$	$10 \leq M$
$V \leq V_{min}$	1	2	3
$V_{min} < V < V_{min} + 6$ dB	2	3	4
$V_{min} + 6$ dB $\leq V$	3	4	5

NOTA 1 – V_{min} es superior al mínimo nivel de señal utilizable (punto de fallo) en una cantidad determinada por el procedimiento de planificación de cada administración (quizás 5 dB).

NOTA 2 – En ausencia de otras degradaciones, el nivel de señal y las categorías de margen concuerdan (es decir, para un entorno de sólo ruido, el caso $V \leq V_{min}$ con 5 dB $< M < 10$ dB proporciona la misma evaluación de la calidad que $V_{min} < V < V_{min} + 6$ dB con $M \leq 5$ dB, etc.).

NOTA 3 – Se han elegido escalones de 6 dB de manera arbitraria, pero se trata de un valor redondeado relacionado con la observación de las diferencias entre los mínimos valores de intensidad de campo utilizable E50/50, E50/70, E50/95, etc.

NOTA 4 – La información inicial sugiere que el nivel de señal de punto de fallo se encuentra entre 20 dB(μ V) y 30 dB(μ V) en los terminales receptores.

NOTA 5 – Se adopta la nota 3 (o superior) como indicativa de que hay una recepción aceptable.

NOTA 6 – El «margen» se determina insertando atenuación mientras se observa la imagen recibida para detectar las degradaciones.

NOTA 7 – La combinación de incrementos del nivel de la señal y el margen proporcionará protección contra la variabilidad de ubicación, además de cierto grado de protección contra la variabilidad de tiempo (desvanecimiento).

Este método simplificado requiere un medidor de nivel de la señal digital, un receptor de televisión digital y un atenuador, proporcionando un sistema de pruebas que resulta familiar para cualquier instalador de sistemas analógicos experimentado en términos de coste y complejidad del equipo, método y resultados obtenidos. El método de evaluación consiste en determinar el nivel de la señal digital y, a continuación, supervisar la señal recibida atenuando la señal deseada entrante hasta que se detectan degradaciones en la imagen visualizada. La cantidad de atenuación insertada constituye el valor margen que debe utilizarse para evaluar la calidad de la señal.

El punto de fallo real en cualquier ubicación de recepción dependerá de la combinación del nivel de la señal y la amplitud de otras degradaciones (como propagación por trayectos múltiples y ruido impulsivo eléctrico), por lo que se supone que, no obstante, habrá una relación directa entre las distintas mediciones de calidad de la señal de tal manera que todas las mediciones del margen sean igualmente fiables a efectos de la determinación de la calidad o aceptabilidad de la señal digital.

Advertencia: El método simplificado (como ocurre con cualquier método que utiliza la atenuación de la señal para determinar el margen hasta el fallo disponible) puede generar resultados engañosos, si la relación entre el nivel de la señal deseada y la señal interferente no es constante. Este caso puede ocurrir, por ejemplo, cuando la cobertura tiene «interferencia limitada» y las longitudes de los trayectos son tales que se produce un desvanecimiento importante de la señal deseada o la señal interferente. En estos casos puede resultar inadecuado utilizar el método simplificado.

3 Observaciones

La escala simplificada de evaluación de la calidad contiene valores semejantes tanto para el nivel de señal deseada como para las categorías de margen, por lo que puede considerarse que el método del Anexo 1 es fiable.

Desde la formulación del método simplificado, han aparecido en el mercado nuevos receptores de pruebas de campo cuyas capacidades se ajustan más al método del Anexo 1. Los instaladores de equipos domésticos probablemente puedan utilizar estos nuevos receptores, en los que se podrán realizar mediciones de la BER. De ser el caso, no será necesario utilizar el método simplificado y será más práctico recurrir al método del Anexo 1 tanto para evaluar la cobertura como para instalar correctamente un sistema de recepción del Sistema B doméstico.

Podría resultar útil en este momento recopilar información sobre las capacidades de calidad de funcionamiento de los receptores de prueba de nueva generación, de manera que se demuestre que el método del Anexo 1 es práctico y útil.
